

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ГАЗА CO₂ В ТЕПЛИЧНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ



A SYSTEM OF AUTOMATED GREENHOUSE FEEDING WITH CO₂

Махмутов А.Н. – директор

ООО НПФ «Каскад»
424039, Россия, Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, ул. Дружбы, д. 77
E-mail: info@cascad-co2.ru
www.cascad-co2.ru

Makhmutov A.N.

LLC Scientific and Industrial Company 'Kaskad'
Druzhba St., 77, Yoshkar-Ola,
Mari El Republic, 424039, Russia
E-mail: info@cascad-co2.ru
www.cascad-co2.ru

В настоящее время значительный дефицит CO₂ у растений защищенного грунта – это основной из факторов, лимитирующих фотосинтез и ассимиляцию углеводов, и, как следствие, снижающий продуктивность овощных культур. Создание нормальной газовой среды в теплицах так же необходимо, как и создание нормальных температурных условий. В мире используются разные способы подачи CO₂ в теплицы. На сегодняшний день наиболее эффективным и экологически безопасным считается оборудование, которое подает в теплицы не дым, а очищенную от примесей пищевую углекислоту. Для такого способа подачи необходима система газопроводов для распределения углекислого газа по теплицам и система автоматизированного управления подачей газа. Кроме этого, необходима емкость для хранения жидкой углекислоты, газификатор, подогреватель и другое оборудование. Такой комплекс по автоматической подаче CO₂ в теплицы для углекислотной подкормки растений «CASCAD» разработан ООО НПФ «Каскад», которое успешно занимается системами углекислотных подкормок более 10 лет. В 2015 году также разработана система совмещенной автоматической подачи дымовых (отходящих) газов от котельной и жидкой CO₂ в тепличные помещения (система «впрыска»). Система позволяет интегрировать систему подачи жидкого CO₂ в существующую систему подачи отходящих газов от котельной.

Ключевые слова: защищенный грунт, углекислый газ, подкормка, пищевая углекислота.

At present time, the significant deficiency of CO₂ for plants cultivated in greenhouses is one of the factors limiting the photosynthesis and carbonate accumulation leading to decrement of vegetable plant productivity. The development of necessary gas atmosphere inside greenhouses is the same as important as maintaining temperature regimes. In the world, there are different solutions for greenhouse feeding with CO₂. Nowadays, the most effective and ecologically safe equipment for greenhouse feeding with CO₂ is that provide, not only a smoke-like gas, but also a purified food quality carbon dioxide. This technology required system of gas pipe lines for greenhouses and system of automated control for gas feeding. Moreover it is necessary to install the storage facilities for liquid carbonic acid, gas generator, heating system and other equipment. Such a complex for automatic greenhouse feeding with CO₂ 'Kaskad' has been worked out by ООО 'Kaskad' that has successfully developed the systems for carbon-dioxide feeding for 10 years. The system that combined automatic supplying outgoing gas from boiler station, and liquid CO₂ injecting into greenhouse room was developed in 2015. The system enables to be integrated into the feeding liquid CO₂ and existing system of supplying the outgoing gas from boiling station.

Keywords: protected cultivation, carbon dioxide, feeding, carbonic acid.

В овощеводстве защищенного грунта рост урожайности культур и повышение качества продукции достигается за счет внедрения в производство новых высокопродуктивных сортов и гибридов и совершенствования технологии их возделывания. Так как физиология растений овощных культур глубоко изучена, то новые сорта и гибриды не дают значительных повышений урожайности. Таким

образом, увеличения урожайности можно добиться только при использовании новых технологий выращивания основных овощных культур.

Например, использование малообъемной технологии позволяет повысить раннюю и общую урожайность за счет контролируемого питания и возможности управления ростом и развитием растений, а также снизить себестоимость продук-

ции за счет экономии минеральных удобрений, тепла, воды, и т.д. Большие возможности увеличения урожайности в тепличном овощеводстве заключены во внедрении технологии углекислотных подкормок.

Углекислый газ является основным субстратом фотосинтеза, его содержание предопределяет продуктивность фотосинтеза и урожай овощных культур.

Природное содержание CO_2 в окружающем воздухе составляет 0,03% (300 ppm). При этом интенсивность фотосинтеза составляет не более 50%. Для обеспечения максимальной интенсивности фотосинтеза растений необходимо поддерживать повышенную концентрацию CO_2 в воздухе. В условиях же защищенного грунта содержание углекислого газа в воздухе теплицы опускается ниже природного фона, что приводит к углекислотному голоданию растений. На сегодняшний день значительный дефицит CO_2 у растений защищенного грунта – это основной из факторов, лимитирующих фотосинтез и ассимиляцию углеводов, и, как следствие, снижающий продуктивность овощных культур. Создание нормальной газовой среды в теплицах так же необходимо, как и создание нормальных температурных условий.

Роль углекислотных подкормок заключается в следующем: изменяется длительность определенных стадий органогенеза (появляется возможность растянуть или укоротить выгодные для повышения продуктивности этапы); повышается интенсивность нетто-ассимиляции (что позволяет повысить эффективность работы листьев); повышается число цветочных зачатков; увеличивается продуктивность растений. Согласно многочисленным исследованиям продуктивность овощных культур при использовании углекислотных подкормок возрастает на 20-80% (Пухальская Н.В., 2000).

В мире используются разные способы подачи CO_2 в теплицы, но все они имеют свои недостатки и их использование малоэффективно по разным причинам, а при неправильном использовании приносит ущерб. Например, некоторые производители оборудования для теплиц предлагают газогенераторы или оборудование для подачи в теплицы отходящих дымных газов котельной (голландская технология). Газогенераторы вырабатывают газовую смесь (дым), содержащий CO_2 , посредством сжигания природного газа или керосина. Ведущие физиологи растений на основании многочисленных опытов сходятся во мнении, что подкормки неочищенным CO_2 приносят больше вреда, чем пользы, так как в дыму при сжигании природного газа, жидкого или твердого топлива содержится огромное количество разнообразных сопутствующих ядовитых и вредных газов. Потери

урожая при этом могут составлять от 5% до 13% общего урожая. При использовании отходящих газов котельной с примесями этилена, угарного газа, окислов азота и других соединений, которые образуются в результате неполного сгорания, наблюдается низкая или отрицательная эффективность подкормок CO_2 из-за токсического действия последних.

Кроме этого, подача дыма в теплицы является весьма энергоемким процессом, так как системе приходится замещать 36000 м³ воздуха теплицы дымом из трубы, выталкивая при этом 2500 м³ чистого воздуха каждый час. В результате этой работы в теплице полностью заменяется воздух на дым.

Типичные ошибки при применении углекислотных подкормок очищенным CO_2

Известно, что существует несколько типов подачи углекислоты к растениям: в точке роста, в ассимилирующей массе растения и прикорневая подкормка. Так как CO_2 в два раза тяжелее воздуха и стремится скапливаться внизу теплицы, то целесообразно использовать подачу CO_2 в наиболее высокой точке – в точке роста (при закрытых фрамугах).

Так, в Агрокомбинате «Майский» уже длительное время используется зарубежное оборудование для углекислотных подкормок 100% чистым CO_2 , при этом осуществляется только прикорневая подкормка. Результатом такой подкормки является значительная разница градиента концентрации CO_2 на разной высоте растения, т.е. в зоне максимальной ассимиляции наблюдается пониженная концентрация CO_2 , а в прикорневой зоне она может достигать значения выше допустимого. Учитывая легкую растворимость CO_2 в воде при высокой влажности, концентрация CO_2 в почве может быстро увеличиваться и достигать критического значения. Это может отрицательно сказаться на соотношении в растении процессов дыхания и фотосинтеза (замедление процессов роста и накопления ассимилятов). В случае превышения в почве концентрации CO_2 (1%), происходит отравление растений.

Несоблюдение соотношения концентрации CO_2 и суточной ритмики фотосинтеза. Потребление CO_2 растениями в течение суток меняется в зависимости от

интенсивности освещенности и изменения качества света (спектральный состав светового потока). Наибольшая необходимость CO_2 имеется в утренние и послеобеденные часы, когда процесс фотосинтеза находится в пиковом значении (рис.3). Если не соблюдаются потребности растений и в темное время суток концентрация CO_2 продолжает оставаться повышенной, происходит замедление процессов роста и плодообразования, вследствие подавления дыхания растений.

Несоблюдение нормирования концентрации CO_2 в зависимости от изменения факторов окружающей среды. При повышенных концентрациях CO_2 снижается интенсивность фотосинтеза. При снижении освещенности, высоких температурах и влажности необходимо понижать уровень одного из данных факторов, так как в противном случае ухудшается процесс транспирации у растений.

Несовершенство используемого измерительного оборудования не позволяет точно определять наличие заданного уровня концентрации. В результате этого концентрация CO_2 может постоянно изменяться (от низких до высоких значений), а не удерживаться в зоне необходимого оптимума.

На сегодняшний день наиболее эффективным и экологически чистым считается оборудование, которое подает в теплицы не дым, а очищенную от примесей пищевую углекислоту. Для такого способа подачи необходима система газопроводов для распределения углекислого газа по теплицам и система автоматизированного управления подачей газа. Кроме этого, необходима емкость для хранения жидкой углекислоты (типа УДХ, РДХ или ЦЖУ), газификатор, подогреватель и другое оборудование.

Такой комплекс по автоматической подаче CO_2 в теплицы для углекислотной подкормки растений «CASCAD» разработан ООО НПФ «Каскад», которое успешно занимается системами углекислотных подкормок более 10 лет. В настоящее время «CASCAD» успешно внедрен в технологический процесс на комбинатах: ОАО «Волга» г. Балаково (14,26 га), ОАО «Тепличный» г. Самара (9,7 га), ООО Агрофирма «Радость» г. Тольятти (3,2 га), СХОАО «Овощевод» г. Тольятти (12 га), ООО «Овощевод» г. Волжский

(Волгоградская обл.) (1,2 га), ТК «Ждановский» Нижегородская область (6 га), МУСП «Тепличный комбинат» г. Заречный (Пензенская область) (4 га), ООО «Лазурный» г. Партизанск (Приморский край) (1 га с перспективной 7 га).

Назначение комплекса

Комплекс предназначен для автоматической подачи и регулирования процентного содержания CO_2 в тепличные помещения. Задачей комплекса является осуществление подкормки растений углекислотой путем подачи CO_2 в помещения теплиц и поддержания в них концентрации CO_2 на заданном уровне в течение определенного промежутка времени. При этом концентрация CO_2 может изменяться в пределах от 0,03% до 0,1% в зависимости от освещенности, температуры воздуха и времени суток по решению оператора или в соответствии с заданной программой.

Комплекс оснащен интеллектуальным самообучающимся модулем, который в состоянии прогнозировать повышенный или пониженный расход CO_2 как в отдельно взятом помещении теплицы так и во всех помещениях в целом.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДКОРМКИ.

Подача газа в теплицы:

Углекислота в жидком состоянии хранится в транспортной или стационарной углекислотной емкости. Из емкости жидкая фаза CO_2 подается в газификатор, который в автоматическом режиме поддерживает давление в емкости постоянным. Газовая фаза CO_2 подается в углекислотный подогреватель, откуда газ под давлением 4-6 атмосфер нагнетается в магистральную систему газопроводов выполненных из полиэтиленовых труб различного диаметра, способных выдерживать давление до 10 атмосфер. Узлы распределителя газа также выполнены из полиэтиленовых труб. Для каждого тепличного хозяйства сечение труб сегментов магистрального трубопровода и

системы распределения рассчитывается индивидуально.

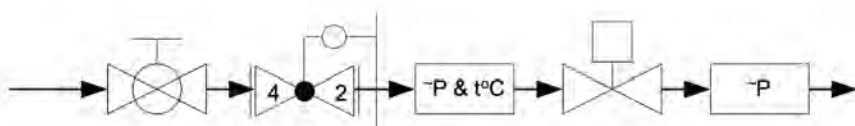
Газ из магистрального трубопровода через кран шаровой аварийный, далее через редуктор (понижающий давление до 2 атмосфер), блок датчиков «РТ» запорный клапан и блок датчика «Р» поступает в теплицу. Схема подключения устройств показана на рисунке ниже.

Внутри теплицы газ распределяется «по контуру», то есть концентрация углекислого газа в различных частях теплицы поддерживается одинаковой. Независимой подачей газа в контуры теплицы управляют датчики CO_2 , которые в свою очередь по команде от контроллера управляют клапаном, закрепленным за данным контуром.

В качестве распределительной систе-

мы газа внутри теплицы является «несущая», выполненная из полиэтиленовых труб. В точках отбора газа над каждой грядкой к «несущей» присоединяются гибкие полимерные перфорированные рукава. Рукава, имеющие длину равную длине грядки, подвешиваются вдоль нее на уровне, определенном, агрономом для подкормки. Крепление рукава выполнено таким образом, что существует возможность регулирования высоты подвеса.

Контроль процентного содержания CO_2 в воздухе теплицы осуществляется с помощью газоанализаторов, специально разработанных компанией НПФ «Каскад» для тепличных условий. Минимальное количество датчиков, необходимое для контроля CO_2 в теплице, площадью 1 Га - 4. Все газоанализаторы имеют интерфейс RS-485 с протоколом. Они подключаются



параллельно с остальными необходимыми датчиками, тем самым, позволяя делать выборочный отбор проб из контрольных точек. Блок автоматической калибровки позволяет производить автоматическую или ручную калибровку газоанализаторов.

Система контроля подачи CO_2 и уровня содержания CO_2 в теплице конструктивно состоит из нескольких блоков взаимодействующих между собой. В минимальном комплекте система способна обслуживать одну теплицу любого размера. Система может быть каскадной и увеличена до любых размеров. Под размером подразумевается количество обслуживаемых теплиц от 1 до 128. Оборудование, регулирующее подачу CO_2 в теплицу, выполнено в виде системного блока. В системном блоке расположены все электронные устройства и приборы (см. рисунок).

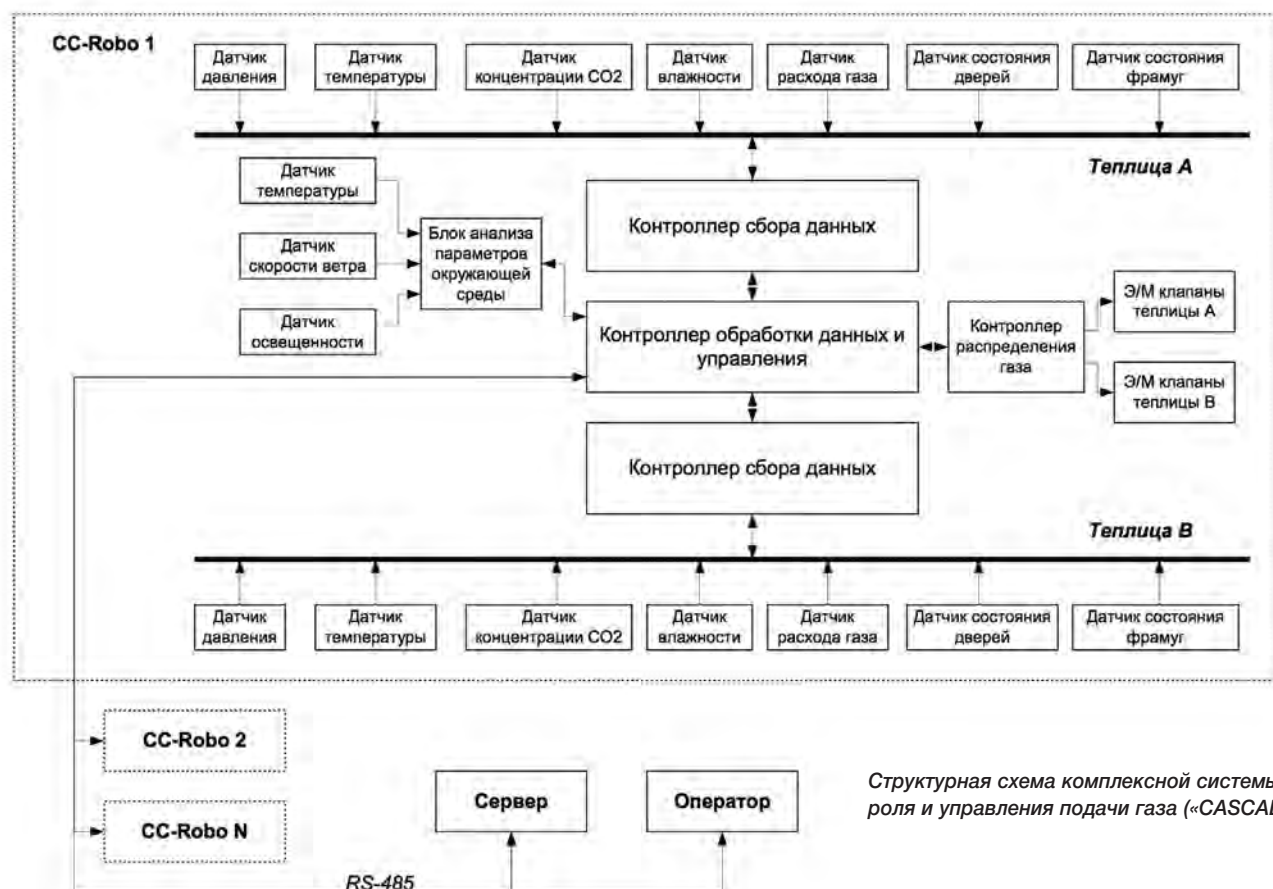
Электромагнитными клапанами управляет блок регулирования подачи газа. Контроль расхода газа осуществляется системой расхода газа.

Дозирование подачи CO_2 происходит с помощью электрической запорной арматуры на основании обработки результатов измерений, полученных контроллером, с применением ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциального) регулирования и в соответствии с заданием заданным оператором. В качестве управляемой запорной арматуры используются электрические или пневматические клапаны.

Системой в целом, не считая замкнутых режимов автоматики, управляет компьютер, на котором установлено специальное программное обеспечение, контролирующее работу каждого отдельного узла системы и всей системы в целом. Каждый локальный узел управления системы (на рисунке CC-Robo 1, CC-Robo

2...CC-Robo N) рассчитан на контроль и управление параметрами теплиц и может работать **автономно**, независимо от того работает ли главный компьютер. Это обстоятельство повышает надежности системы, позволяя продолжать подачу газа в теплицы по заданному оператором графику в аварийных ситуациях. Причем оператор может задавать или изменять суточный график подачи газа вручную с помощью клавиатуры на каждом узле.

Все измеряемые параметры (концентрация CO_2 в помещениях каждой теплицы, температура и влажность в теплицах, состояние дверей и фрамуг теплиц, температура и влажность окружающей среды, освещенность, давление газа в трубопроводе, расход газа по каждой карте и по всей системе в целом и др.) поступают в контроллер сбора данных,



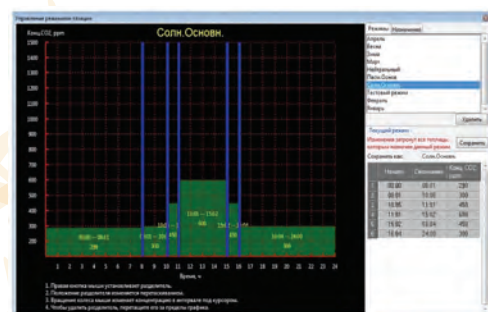
Структурная схема комплексной системы контроля и управления подачи газа («CASCAD»).

где происходит их первичная обработка. Затем они передаются в контроллер обработки и управления для их дальнейшей обработки. Все обработанные данные, а также данные о состоянии автоматики поступают в компьютер, где регистрируются в базе данных. База данных содержит полную информацию о работе системы и каждого ее блока. Кроме этого, в ней содержатся все задания и режимы подачи газа в теплицы, составленные оператором. На основании всех данных происходит анализ состояния системы и выбирается наиболее оптимальный режим ее работы в целом.

Самообучение системы:

Программное обеспечение системы специально разработано для тепличных хозяйств и работает таким образом, что способно проанализировать некоторые субъективные и объективные параметры:

- скорость нарастания концентрации CO_2 до верхнего предела;
- время расхода CO_2 до нижнего предела концентрации;
- скорость расхода CO_2 в целом;
- время выхода на норму концентрации содержания CO_2 в воздухе теплицы с момента запуска;
- иные параметры;



На основании описанных параметров и используя некоторые алгоритмы субъективного и объективного анализа, система способна само обучаться и управлять процессом подачи смеси «осмысленно». Т.е. выбрать наиболее оптимальный режим подачи смеси. Тем самым достигается значительное сокращение потребления CO_2 . В сравнении с аналогичными комплексами производства других фирм данный комплекс экономичнее на 30-40%.

Рабочая станция оператора:

Рабочей станцией оператора может служить компьютер с процессором частотой не ниже 1000МГц, ОЗУ – 256 Мб и оснащенный операционной системой Windows-XP, 2007. Программное обеспечение для рабочей станции оператора поставляется в комплекте «CASCAD».

Программное обеспечение:

Комплект программного обеспечения «CASCAD» специально создан для тепличных хозяйств России. Этот комплект предназначен для работы с оборудованием «CASCAD», производящим углекислотную подкормку растений в закрытом грунте. «CASCAD» позволяет контролировать любые параметры системы, программировать режимы работы, производить анализ работы системы в целом, вести статистику и создавать отчеты. Интерфейс программы выполнен по технологии «интуиция» и позволяет специалисту с любым уровнем подготовки освоить работу с программой.

Программное обеспечение «CASCAD» отвечает всем техническим требованиям

и создавалось с учетом всех особенностей производства углекислотных подкормок и рекомендаций ведущих российских специалистов в этой области. Более подробное описание программного обеспечения вы можете получить, обратившись в офис фирмы «КАСКАД».

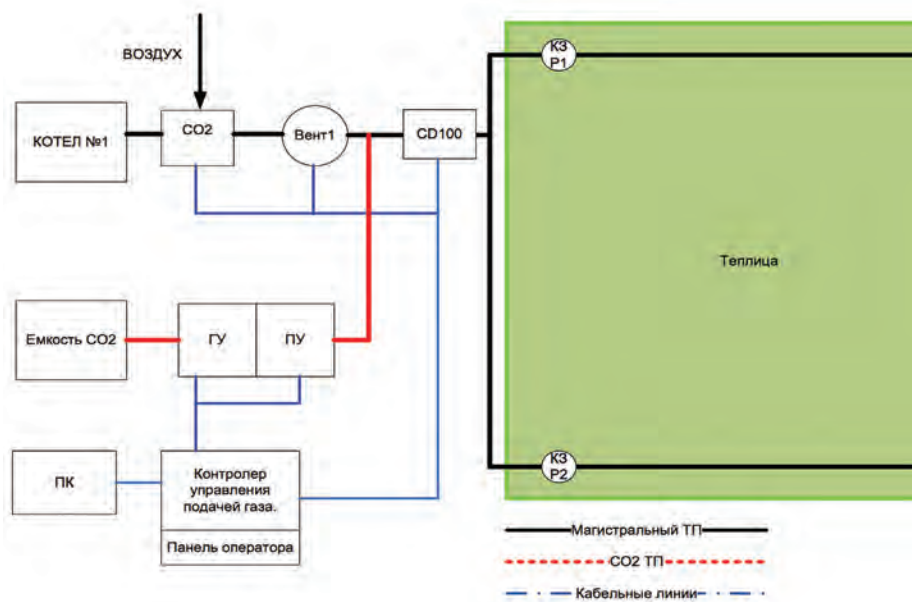
Монтаж системы газопроводов для подачи смеси внутри тепличных помещений

Монтаж системы газопроводов может быть произведен без нарушения текущих процессов в помещениях теплицы. Ввиду того, что трубы газопровода выполнены из полимерного материала, они могут быть смонтированы на существующих несущих конструкциях без ущерба для них. Распределительная часть системы предназначена для равномерного распределения смеси по всему помещению теплицы размером 75х140м. Полимерные перфорированные рукава присоединяются к распределительной части с помощью муфт, оборудованных фиксаторными канавками, и закрепляются пластиковыми бандажными лентами. Рукав может быть подвешен на любом уровне от пола. В свою очередь, это позволит подавать CO_2 в непосредственной близости от растений на любой высоте. Данное конструктивное решение выгодно отличает комплекс «CASCAD» от других систем как Российского, так и импортного производства.

СОВМЕЩЕННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ДЫМОВЫХ (ОТХОДЯЩИХ) ГАЗОВ ОТ КОТЕЛЬНОЙ И ЖИДКОЙ CO_2 В ТЕПЛИЧНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ (СИСТЕМА «ВПРЫСКА»)

Компания «Каскад» в 2015 году также разработала новую систему совмещенной автоматической подачи дымовых (отходящих) газов от котельной и жидкой CO_2 в тепличные помещения (система «впрыска»). Система позволяет интегрировать систему подачи жидкого CO_2 в существующую систему подачи отходящих газов от котельной. Она предназначена для подмешивания «чистого» CO_2 в существующую систему подкормки отходящими газами. Система «впрыска» имеет два типа исполнения: «Коллекторная система впрыска» и «Магистральная система впрыска».





«Коллекторная система впрыска»:

Предназначена для впрыска в общий коллектор, после нагнетательного вентилятора. Уровень концентрации CO_2 задается общим на весь объем воздуха.

Система имеет два режима работы:

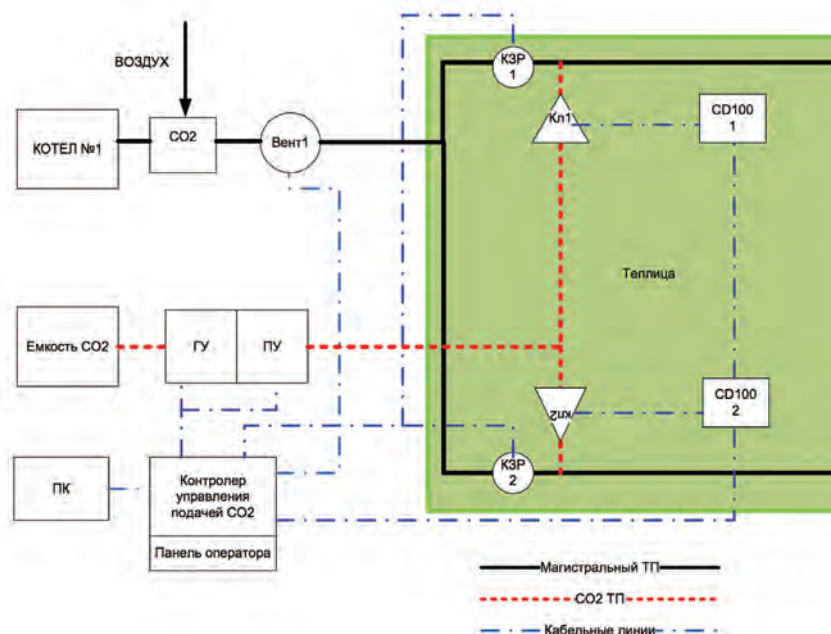
- самостоятельная система подачи CO_2 при которой отключается работа котлов, нагнетательный вентилятор обеспечивает подачу воздуха и происходит подмешивание «чистого» CO_2 в систему;
- вспомогательная система подачи CO_2

совместно с отходящими газами для доведения уровня CO_2 до заданного значения при которой «чистый» CO_2 подмешивается в отходящие газы.

Регулирования концентрации CO_2 в коллекторе производится автоматически по заданным параметрам с использованием закона регулирования «ПИД».

«Магистральная система впрыска»

предназначена для подмешивания «чистого» CO_2 непосредственно на входе в теп-



лицу, путем врезки в существующие трубопроводы. При этом концентрация CO_2 задается непосредственно для каждой теплицы в отдельности. Так же как и в предыдущем варианте, система имеет два режима работы:

- самостоятельная система подачи CO_2
- вспомогательная система подачи CO_2

Регулирование концентрации CO_2 в теплице производится автоматически по заданным параметрам с использованием закона регулирования «ПИД».

Преимущества системы «впрыска» CO_2 :

- система позволяет экономить ресурсы котлов (газ, электричество, обслуживающий персонал) в теплое время, а также улучшать показатели поддержания задания концентрации в теплицах;
- использование существующих трубопроводов;
- управление существующим оборудованием (клапаны, задвижки, вентиляторы и т.д.).

Наша компания профессионально занимается углекислотными подкормками с 2002 года. За это время мы приобрели колоссальный опыт в разработке, производстве и поставках углекислотного оборудования для углекислотных подкормок. Мы проводим весь комплекс работ под ключ: от проекта до пуско-наладки. Более того, НПФ «Каскад» выполняет гарантийное и постгарантийное обслуживание комплекса «CASCAD».

Комплекс «CASCAD» постоянно совершенствуется. Нашим клиентам мы предлагаем обновление оборудования и программного обеспечения, а также учитываем все пожелания клиента при внедрении комплекса.

Литература

Пухальская Н.В. Физиология углекислотных подкормок в тепличном овощеводстве / Н.В. Пухальская; РАСХН, ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. - М., 2000. - 83 с.